

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Náhrada broušení progresivnější technologií

Progressive Replacement Grinding Technology

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Student:

STI0014 - Petr Stibor

2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Stibor**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**  
Téma: **Náhrada broušení progresivnější technologií  
Progressive Replacement Grinding Technology**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Popis stávající technologie a problematiky.
3. Teoretický rozbor technologií nahrazující broušení.
4. Návrh nové technologie.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

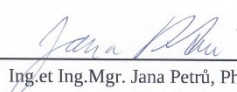
- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] ERDL, BERT P. *High-speed machining*. Dearborn, Michigan : Society of Manufacturing Engineering, 2003. ISBN 0-87263-649-6.
- [5] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábění*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013  
Datum odevzdání: 19.05.2014



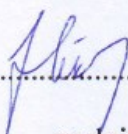
  
Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně přílohy pracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5 2014

  
.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на vědomі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uloženu vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo, bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на vědomі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.5.2014

.....  
Podpis

Petr Stibor

Hulvácká 3

700 30 Ostrava – Zábřeh

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

STIBOR, P. Náhrada broušení progresivnější technologií: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 40 s. Vedoucí práce: Kratochvíl, J.

Bakalářská práce se zabývá nahrazením broušení metodou přehlazování. V úvodu popisuji firmu V – NASS, a.s., odkud zadaný projekt vypracovávám. Dalším bodem je popis stávající technologie broušení. Cílem je teoretický rozbor a návrh nové technologie přehlazení.

Výsledkem této práce je ekonomické a technologické zhodnocení metody přehlazování i broušení. V závěru se obě metody porovnají a navrhne se řešení méně finančně nákladné.

## **ANNOTATION OF A BACHELOR THESIS**

STIBOR, P. Progressive Replacement Grinding Technology: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2014, 40 p. Thesis head: Kratochvil, J.

The bachelor thesis deals with the replacement of grinding method smoothing. The introduction describes the company V - NASS, and, where specified project compiled. Another point is the description of the existing grinding technology. The aim of the theoretical analysis and design of new technologies smoothing.

The result of this work is to evaluate the economic and technological methods smoothing and grinding. In conclusion, the two methods are compared and propose solutions less costly.

## Seznam použitých symbolů

$f$	Posuv	[mm]
$F$	Síla	[N]
$IT$	Stupeň přesnosti	[—]
$m$	Hmotnost	[kg]
$n$	Otáčky	[min <sup>-1</sup> ]
$N_B$	Náklady broušením	[Kč/ks]
$N_P$	Náklady přehlazením	[Kč/ks]
$N_V$	Vyhodnocení nákladů	[Kč/ks]
$Q$	Úběr kovu	[cm <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> ]
$R_a$	Střední aritmetická úchylka profilu	[μm]
$T_C$	Celkový čas	[min]
$v_c$	Řezná rychlost	[m · min <sup>-1</sup> ]

## Obsah

1 Úvod.....	8
2 Popis stávající technologie .....	9
2.1 Teorie broušení .....	9
2.2 Dokončovací metody obrábění.....	13
2.2.1 Honování.....	13
2.2.2 Lapování.....	14
2.2.3 Superfinišování.....	15
3 Teoretický rozbor technologie nahrazující broušení .....	17
3.1 Obecná teorie přehlazení.....	17
3.2 Účinky metod hlazení diamantovým hrotem .....	18
3.3 Vyhlazení povrchů strojních součástí .....	18
3.4 Volba pracovních podmínek při hlazení diamantem .....	18
3.5 Nástroje pro hlazení diamantem a jejich rozdělení .....	19
3.6 Plochy ke přehlazení.....	19
3.7 Chlazení a mazání.....	20
4 Popis stávající technologie dokončení otvoru Ovladače .....	21
5 Popis nové technologie dokončení otvoru Ovladače.....	24
5.1 Detailní popis druhů a funkce tlumených tyčí, které se použijí při přípravě povrchu v otvoru .....	24
5.2 Detailní popis hladícího nástroje s diamantovým hrotem .....	27
5.3 Popis nové technologie dokončení otvoru Ovladače.....	29
6 Technicko – ekonomické zhodnocení.....	34
7 Závěr .....	36
8 Seznam Použité literatury .....	37
Seznam příloh.....	38
Seznam obrázků .....	39
Seznam tabulek .....	40

# 1 ÚVOD

Při neustále se zvyšujících požadavcích na technické parametry strojů, provozní spolehlivosti je nutné zvyšovat kvalitu jednotlivých strojních součástí. Pro splnění těchto požadavků se právě metoda přehlazení může stát značným přínosem.

Bakalářská práce se zabývá náhradou broušení progresivnější technologií přehlazování pomocí nástroje s diamantovým hrotem od firmy Baublies.

Nástroj s odpruženým diamantovým hrotem pro opracování vnějších a vnitřních tvarů a hřídelů za účelem úpravy povrchu a zpevnění povrchové vrstvy.

Bakalářská práce je zadána od firmy V – NASS a.s. Bakalářské práce nahrazuje metodu broušení obdobnou obráběcí metodou přehlazení nástroje s diamantovým hrotem. Důvodem bakalářské práce je snížení pracovních časů a tím snížení nákladů. Cílem práce je porovnání technických a ekonomických nákladů obou zmíněných metod.

Historie firmy V - NASS začíná od roku 1917, kdy byla založena pod názvem Malostrojírna pro výrobu důlního zařízení. V roce 1951 se firma přeměnila na nářaďovnu pro podnik Vítkovice. Od roku 1995 vznikly Vítkovice NASS, spol. s.r.o. a z této podoby se postupně firma přeměňovala tak, že v r. 2011 došlo ke vzniku samostatné akciové společnosti V - NASS a.s.



## 2 POPIS STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE

### 2.1 TEORIE BROUŠENÍ

Broušení je hlavní dokončovací metoda, která umožňuje získat vysokou kvalitu a přesnost obrobené plochy. Je to tedy metoda obrábění mnohobřitým nástrojem s geometricky nedefinovatelnými řeznými hranami, které jsou spojeny pojivem. Patří mezi nejstarší metody obrábění vůbec. V současnosti se díky možnostem rozšiřuje z původního pouze dokončovacího obrábění i do oblasti hrubování a se svou produktivitou je srovnatelné s ostatními metodami obrábění. Velká význam má převážně při výrobě valivých ložisek. [4]

Charakteristické znaky procesu broušení:

- Z důvodu různé geometrické formy zrn a jejich nepravidelnému rozmístění v brousicím nástroji se odebírá nepravidelná tříska,
- záporné úhly čela jednotlivých zrn jsou různé a obvykle velké (ovlivňují oblast primární plastické deformace),
- zrna jsou schopna přenášet pouze malé řezné síly (slabé upevnění zrn pojivem), při obrábění dochází k samovolnému uvolňování jednotlivých zrn nebo jejich částí,
- třísky mají malý průřez, řez je přerušovaný a třísky mají proměnlivý průřez (obdoba s frézováním), při broušení dochází v důsledku velkých plastických deformací a tření třísky k takovým vysokým teplotám (až 1500 °C), že se některé třísky roztaví a shoří (jiskření),
- působení velkých měrných řezných sil až do výše několika desítek tisíc MPa, vysoká řezná rychlost ( $30 \div 100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a z toho vyplývající krátká doba záběru jednotlivých zrn,
- z důvodu vzniku velkého tepla při broušení je nutné chladit obrobek i řezný kotouč; teplo vznikající při broušení oduhličuje povrch obrobku, tak dochází ke vzniku trhlin a ke změnám struktury a také má za následek vznik nepříznivých tahových zbytkových napětí v povrchové vrstvě obrobené plochy,
- otupování ostří jednotlivých zrn brusiva a zanášení pórů třískami způsobuje ztrátu řezivosti; řezivost se obnovuje pomocí orovnávačů (jednokamenové, více kamenové, ploché, tvarové). [1]

Broušení jako dokončovací operace má přednosti jako velkou přesnost, malou drsnost obrobené plochy ( $R_a = 0,2$  až  $0,8$  mm), broušením lze obrábět i velmi tvrdý materiál (kalenou ocel, slinuté karbidy, tvrzenou litinu atd.), broušením se dají na součásti obrábět velké plochy najednou, zejména při rovinném broušení čelním, broušení je velmi produktivní, jak ukazuje velikost plochy součásti, obrobené za jednotku času.

### **Obvodové broušení vnějších ploch:**

#### Axiální broušení

Používá se zejména pro broušení dlouhých rotačních součástí válcového nebo kuželového tvaru. Obrobek se otáčí mezi hroty a současně koná posuvový pohyb rovnoběžný s osou obrobku. Úběr materiálu zajišťuje radiální přísuv kotouče frézky.

#### Hloubkové broušení

Používá se při malých přídavech na dokončovací obrábění. Patří k nejproduktivnějším metodám broušení. Jedná se o broušení kotoučem nastaveným na konečný rozměr obrobku, kdy se celý přídavek brousí na jeden zdvih. Pro zlepšení podmínek se na kotouči vytváří kuželové zkosení, nebo se kotouč vytvaruje stupňovitě.

#### Radiální (zapichovací) broušení

Podmínkou pro použití tohoto obrábění je tuhý obrobek. Řezná rychlost a obvodová rychlost obrobku je podobná jako u axiálního, ale výkon broušení až o 80% vyšší.

#### Bezhroté broušení

Používá se pro broušení hladkých válcových součástí, které se vkládají mezi dva kotouče. Jeden z nich je brousicí a druhý podávací. Obrobek se otáčí obvodovou rychlostí podávacího kotouče.

### **Obvodové broušení vnitřních ploch:**

#### Axiální broušení

Používá se v případech, kdy je délka obrobku větší než šířka brousicího kotouče. Kotouč se otáčí uvnitř díry a posouvá se ve směru osy. Obrobek se otáčí. Odbroušení je zajištěno radiálním přísuvem kolmým na obráběnou součást.

## Bezhroté broušení

Podobá se broušení axiálnímu. Rozdíl je v upínání součásti, která se vkládá mezi tři kotouče (podávací, opěrný a upínací). Podávací kotouč zabezpečuje otáčení součásti, opěrný kotouč určuje polohu a upínací kotouč přitlačuje součást k oběma předchozím kotoučům. Tento způsob lze použít jen u součástí, které mají vnější povrch souosý s vnitřním.

## Planetové broušení

Používá se při broušení děr ve větších součástech, které nejdou upnout na brusce do sklíčidla. Obrobek se upne pevně na stůl. Vřetenem s brousicím kotoučem se otáčí kolem vlastní osy, obíhá kolem osy broušené díry a současně se pohybuje ve směru osy díry.

## Rovinné broušení:

### Obvodové broušení

Je to nejpřesnější způsob broušení rovinných ploch. Používá se při broušení nástrojů, měřidel, přípravků. Brousicí kotouč vykonává hlavní pohyb a obrobek vykonává vedlejší pohyb přímočarý.

### Čelní broušení

Není tak přesné jako obvodové, ale je mnohem výkonnější. Obrobek může vykonávat pohyb otáčivý nebo přímočarý.

## Brousicí nástroje

Brousicí nástroj se skládá z brusných zrn, pojiva a pórů. Brusná zrna tvoří řezné klíny, póry mají funkci zubových mezer, ve kterých se hromadí třísky a pojivo spojuje brusná zrna dohromady, čímž tvoří pevné těleso různých tvarů a velikostí. Podle geometrického tvaru rozdělujeme brousicí nástroje na: kotouče (nejčastěji používané), segmenty, kameny. [4]

Brusné nástroje posuzujeme podle: druhu brusného materiálu, zrnitosti brusiva, tvrdosti nástroje, struktury nástroje, druhu pojiva.

## Materiál brusných zrn

Brusné materiály se podle způsobu výroby rozdělují na přírodní a syntetické. Pro výrobu brousicích kotoučů se nejčastěji používá oxid hlinitý –  $Al_2O_3$ . Druh materiálu se

volí v závislosti na vlastnostech obráběného materiálu. Pro broušení oceli, oceli na odlitky, temperované litiny a tvrdé bronzy je vhodný umělý korund. Karbid křemíku se používá pro šedé litiny, mosazi, měď, lehké kovy a jejich slitiny, slinuté karbidy, sklo a keramiku. [4]

### **Pojivo kotouče**

Pojivo stmeluje brusné zrna, aby měl brusný nástroj požadovaný tvar, rozměr a vhodnou mechanickou pevnost. Má také velký vliv na samoostření nástroje. Pojivo musí splňovat velké množství podmínek, např. odolávat vlivům teploty, chladicích kapalin. Základní druhy pojiv:

- keramické pojivo (V),
- silikátové pojivo (S),
- magnezitové pojivo (O),
- pojiva z umělé pryskyřice.

### **Brousicí stroje – brusky**

#### **Hrotové brusky**

Používají se především pro broušení válcových rotačních obrobků upnutých mezi hroty. Umožňují brousit kužele, čelní rovinné plochy a s použitím přídatného zařízení i otvory. [4]

#### **Bezhroté brusky**

Mají 2 vřeteníky, a to vřeteník, na kterém je brusný kotouč a podávací vřeteník. Bezhroté brusky umožňují běžně brousit i zapichovacím způsobem nejčastěji vnější plochy, ale dají se brousit také rotační plochy. [4]

#### **Brusky na díry**

Jsou sklíčidlové, planetové a bezhroté. Používá se pro broušení válcových nebo kuželových otvorů obrobků menších rozměrů, které se mohou při broušení otáčet. [4]

#### **Vodorovné rovinné brusky**

Patří mezi nejrozšířenější druhy broušení. Slouží k broušení rovinných ploch a jejich charakteristikou je vodorovná osa brousicího vřetene. Upínání obrobků nejčastěji umožňuje elektromagnetická deska umístěná na pracovním stole. [4]

### Svislé rovinné brusky

Jsou vhodné pro úběr většího množství materiálu. Jsou charakterizovány svislou osou broušení a vysokými výkony broušení na úkor přesnosti a drsnosti obrobené plochy. Pracovní stůl se pohybuje přímočarým vratným pohybem, takže průměr brusného kotouče musí být větší, než je šířka broušené plochy. [4]

### Speciální brusky

Slouží pro broušení obrobků se speciálním technologickým zaměřením. Jsou to brusky na ostření, brusky pro broušení závitů, brusky na broušení ozubení, pro broušení klikových a válečkových hřídelí. [4]

## 2.2 DOKONČOVACÍ METODY OBRÁBĚNÍ

Těchto metod se používá při opracování součástí, u nichž je předepsaná taková drsnost povrchu, ale též rozměrová a geometrická přesnost, které způsoby obrábění není možné dosáhnout. [2]

Provádí se při poměrně nízkých řezných rychlostech a malých měrných tlacích, čímž se docílí vysoké kvality povrchové vrstvy. Pro dokončovací metody je charakteristické, že vyvolají v povrchové vrstvě zbytková tlaková pnutí, která jsou s nízkou drsností zlepšují funkční vlastnosti součástí, zejména jejich únavovou pevnost, odolnost proti korozi a opotřebení. [2]

### 2.2.1 HONOVÁNÍ

Jedná se o dokončovací metodu obrábění, při níž se obráběné povrchy zkvalitňují jemným přebroušováním honovacími kameny upevněnými v honovací hlavě. Honovací kameny jsou k povrchu součásti přitlačovány mechanismem, který umožňuje jejich radiální posuv. Současným rotačním a posuvným pohybem se dráhy zrn překrývají a na honovaném povrchu se objevují charakteristické křížové stopy. [2]

Tohoto způsobu převážně používáme pro dokončování válcových povrchů, jakými jsou válcové díry průchozí i slepé, s drážkami různých velikostí a tvarů v širokém rozsahu průměrů i délek. Vnější válcové plochy se honují méně často, a to tím způsobem, že oba řezné pohyby vykonává obrobek. [2]

Zpravidla se honují plochy, které byly obrobny jemným soustružením, vyvrtáváním či broušením. Přídavky na honování se vztahují na průměr honované plochy a záleží též na materiálu obrobku. Pohybují se v rozmezí 0,02 až 0,05 pro litinu,

0,01 až 0,15 pro ocel. Větší přídavky se odebírají jen tehdy, je-li nutno odstranit větší nepřesnost geometrického tvaru. [2]

Řezná kapalina má významný vliv na produktivitu honování a dosahovanou jakost povrchu. Snižuje teplo a řezné odpory, ale hlavně vyplachuje a odvádí z pórů honovacích kamenů odebírané třísky a uvolňuje částice brusiva a pojiva, a tím udržuje jejich řezivost. Používá se petrolej nebo jeho směs s olejem. [2]

Standardní honovací hlava má sadu radiálně stavitelných honovacích kamenů, které jsou v rovnoměrných roztečích ustaveny po jejím obvodu. Kameny jsou k povrchu honované díry přitlačovány určitým tlakem, který tvoří součást řezných podmínek. Mechanismus honovací hlavy umožňuje malý radiální posuv kamenů a regulaci tlaků mezi kameny a honovaným povrchem na mechanickém, hydraulickém nebo pneumatickém principu. [1]

Honovací kameny jsou vyráběny z  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (pro obrábění kalených ocelí) nebo ze SiC (pro obrábění měkkých ocelí, litin, slitin Al a Cu). Pojivo honovacích kamenů je obvykle keramické. Pro vysoké požadavky na kvalitu honovaných děl se používají kameny ze syntetického diamantu a kubického nitridu boru. Pojivo diamantových kamenů bývá nejčastěji kovové. [1]

Dosahovaná drsnost je především závislá na zrnitosti honovacích kamenů. U dostatečně tuhých součástí lze při hrubovacím honování dosáhnout přesnosti IT5 až IT6 a drsnost povrchu  $R_a = 0,1$  až  $0,4 \mu\text{m}$ , při dokončovacím honování IT3 až IT4 a  $R_a =$  až  $0,1 \mu\text{m}$ . [2]

Honovací stroje se vyrábějí v širokém rozsahu provedení a rozměrů, podle velikosti a počtu honovaných součástí. Podle polohy vřeten se rozlišují stroje svislé a vodorovné. Podle počtu vřeten jsou to stroje jednovřetenové a vícevřetenové. [1]

### **2.2.2 LAPOVÁNÍ**

Lapování je dokončovací metoda obrábění, kterou se dosahuje nejvyšší rozměrové přesnosti a nejmenší drsnosti povrchu obrobené plochy.

Při lapování ubíráme materiál prostřednictvím zrn brusiva, která se přivádějí mezi relativně se pohybující lapovací nástroj a obrobek (lapován volným brusivem), nebo jsou zmačkána nebo jinak upevněna v lapovacím nástroji. Lapováním můžeme dokončit povrchy tvrdých i měkkých materiálů ručně v kusové výrobě, nebo strojně v sériové a hromadné výrobě. [2]

Z technologického hlediska se lapování rozděluje na hrubovací, jemné a velmi jemné. Při hrubovacím lapování dochází k odřezávání nerovností a výstupků obráběného povrchu velkým počtem zrn brusiva. Při velmi jemném lapování dochází k plastické deformaci povrchové vrstvy lapované plochy. Nevýhodou lapování je velká pracnost, malá produktivita a vysoké náklady. [1]

Lapovací nástroje mají negativní tvar lapovaných ploch. Nosným médiem pro brusivo je buď kapalina nebo pasta. Vyrábějí se z jemnozrnné perlitické nebo feritické litiny, z mědi, měkké oceli, olova, plastických hmot apod. Při ručním lapování se používají lapovací desky pro lapování rovinných ploch, lapovací trny pro lapování děr a lapovací prstence pro lapování vnějších válcových ploch. [1]

Pro strojní lapování se pro rovinné plochy používají litinové lapovací kotouče nebo brousící kotouče s brusivem vázaným keramickým pojivem. Pro vnější rotační plochy se používá bezhrotý zapichovací nebo průběžný způsob, kdy nástrojem je kotouč s brusivem v keramické vazbě. [1]

Lapovací stroje jsou univerzální, pro lapování rovinných i válcových ploch, nebo speciální, pro lapování určitého druhu ploch – boky zubů ploch, čepy klikových hřídelí apod. Pro lapování vnějších válcových a rovinných ploch se používají dvoukotoučové lapovací stroje se svislými osami lapovacích kotoučů. Hnací kotouč je výkyvný, takže jeho funkční plocha se může ustavit do roviny rovnoběžné s plochou dolního kotouče. Unášecí desky jsou poháněny, aby se lapované součásti pohybovaly po takových drahách, které pokrývají celý povrch lapovacího kotouče. [1]

### **2.2.3 SUPERFINIŠOVÁNÍ**

Jde o vysoce produktivní metodu dokončovacího obrábění vnějších a vnitřních rotačních a rovinných ploch přebroušováním brousícími kameny. Vyskytuje se zejména ve velkosériové a hromadné výrobě, především pak při výrobě valivých ložisek a v automobilovém průmyslu. [2]

Superfinišování je zvláštní druh broušení, při němž se z dokončovaného povrchu odřezávají vrcholky nerovností abrazivním účinkem velmi jemných zrn superfinišovacích kamenů. Superfinišování je charakterizováno malými řeznými rychlostmi a kmitavým pohybem superfinišovacího nástroje, přitlačovaného silou na obráběnou plochu. Řezný pohyb při superfinišování vzniká superpozicí rotačního pohybu součásti s obvodovou rychlostí a kmitavého přímočarého posuvového pohybu

superfinašovacího. Superfinašovací kameny jsou na plochu přitlačovány tlakem, který během superfinašování neustále klesá tak, že kameny začnou plavat na vrstvě procesní kapaliny a řezný proces se tak v určitém okamžiku zastaví, přestože pracovní pohyby neustanou. [1]

Jako procesní kapalina se používá petrolej, směs petroleje s 10 až 15% minerálního oleje nebo různé oleje s aditivy. Pro jemné superfinašování (dosažení vysokého lesku) a měkčí materiály jsou vhodné kapaliny s vyšší viskozitou (oleje), pro větší úběry kapaliny s nižší viskozitou. [1]

Průběh superfinašování ovlivňuje především rychlost posuvového pohybu, obvodová rychlost obrobku, velikost tlaku a viskozita procesní kapaliny. Superfinašování má hrubovací a leštící fázi, pro které je důležitý poměr rychlosti kmitavého pohybu nástroje a obvodové rychlosti obrobku. [1]

Superfinašovací kameny jsou vyráběny z  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , s keramickou vazbou (pro obrábění ocelí) nebo ze SiC, pro obrábění litin a ocelí nižších pevností, korozivzdorných ocelí, neželezných kovů a slitin. Pro obrábění vysoce legovaných ocelí se používají kameny z kubického nitridu boru s keramickým pojivem, pro obrábění slinutých karbidů kameny ze syntetického diamantu s organickým pojivem. Kameny všech typů jsou v superfinašovacích hlavách upevňovány mechanicky nebo se lepí na ocelové podložky. [1]



### 3 TEORETICKÝ ROZBOR TECHNOLOGIE NAHRAZUJÍCÍ BROUŠENÍ

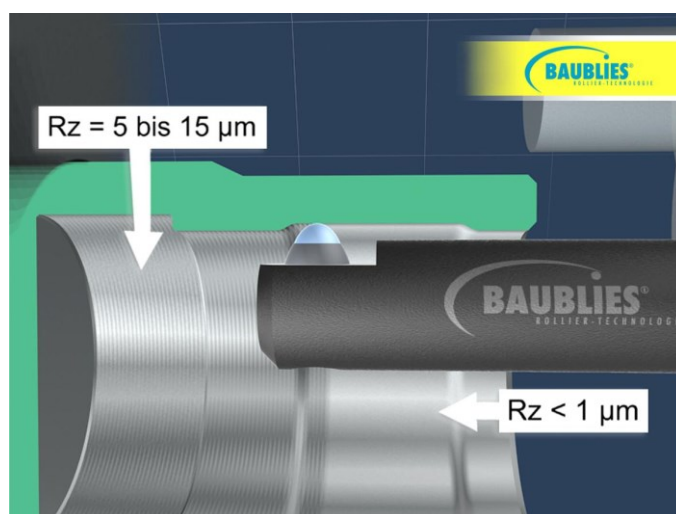
#### 3.1 OBECNÁ TEORIE PŘEHLAZENÍ

Podstata přehlazení spočívá v působení jednoho nebo více tvrdých tvářecích prvků (váleček, kulička, hladicí trn) proti povrchu obrobku téměř kolmou silou. Povrch obrobku ve většině případů bývá předem třískově opracován. Tlak, který vznikne při styku tvářené součásti a tvářecího nástroje má za následek vznik plastické deformace povrchové vrstvy. Při přehlazení povrchu dochází k objemovým a geometrickým změnám.

V procesu přehlazení kromě snižování mikronerovnosti nastává ovlivnění metalurgické struktury vrstvy materiálu a ke zpevnění, které je u různých kovů odlišné v důsledku jejich rozdílných krystalových mřížek.

Z pravidla vnější vrstvy se zpevní více, než vrstvy vnitřní. Zpevněním kovu přehlazením dochází ke změně mechanických vlastností a to k poklesu vrubové houževnatosti, tažnosti a naopak vzroste mez kluzu, pevnost a tvrdost.

Tato metoda dokončování účinkuje pouze pro přehlazení po předchozím třískovém opracování. Neúčinkuje na plochách, které byly předem opracovány broušením. Pokud bychom chtěli povrch po broušení zlepšit přehlazením diamantovým hrotem na obr. 1, nebude metoda přehlazení fungovat, protože na povrchu nejsou pravidelné vlnky jako po noži, které hrot nebo váleček by mohl zapěchovat.



Obr. 1 Přehlazování vnitřním nástrojem [6]

### 3.2 ÚČINKY METOD HLAZENÍ DIAMANTOVÝM HROTEM

Vlastnosti plochy po přehlazení jsou:

- zpevněná povrchová vrstva materiálu strojní součásti,
- vyhlazení povrchu součásti,
- dosažení drsnosti povrchu pod  $1\text{ }\mu\text{m}$ .

### 3.3 VYHLAZENÍ POVRCHŮ STROJNÍCH SOUČÁSTI

Vyhlazením povrchu součásti docílíme snížení výchozí výšky mikronerovnosti způsobené předchozí operací a tím pádem získáme povrch o podstatně nižší drsnosti.

Faktory ovlivňující výslednou drsnost povrchu jsou:

- velikost tlaku vznikající při styku hladicího nástroje a povrchu součásti,
- mechanické vlastnosti materiálu. Tvar mikronerovnosti a drsnost plochy navzdory předcházejícího opracování,
- pracovní posuv nástroje,
- jakost a geometrický tvar nástroje.

Také rychlost přehlazení, popřípadě mazání a chlazení mohou ovlivnit drsnost povrchu. Metalurgické vady materiálu jako např. poréznost, vměstky a poruchy materiálu způsobené předchozím obráběním jak na obráběné součásti, tak i na činné části tvářecího nástroje mají vliv na výslednou drsnost povrchu.

Přehlazením lze dosáhnout hodnoty drsnosti  $R_a = 0,8$  až  $0,1\text{ }\mu\text{m}$ .

### 3.4 VOLBA PRACOVNÍCH PODMÍNEK PŘI HLAZENÍ DIAMANTEM

Správně zvolení pracovních podmínek je velice důležité, neboť tím můžeme zvýšit produktivitu přehlazení. Mezi pracovní podmínky patří:

- **Pracovní posuv nástroje**

Může zásadním způsobem ovlivňovat zejména drsnost povrchu a produktivitu přehlazení. V případě překročení dovoleného posuvu nastává zhoršení kvality povrchu a dokonce může dojít k porušení povrchové vrstvy.

- **Mazání a chlazení tvářecích prvků**

Použijeme-li vhodný mazací prostředek, můžeme dosáhnout zlepšení povrchové drsnosti, zvýšit velikost použití maximální tvářecí síly.

- **Rychlost přehlazení**

Rychlostí přehlazení rozumíme takovou rychlost, kterou se tvářecí prvek hladícího nástroje přemísťuje po přehlazované ploše.

- **Geometrické vlastnosti polotovaru**

Jedná se zejména o technologický přídavek pro přehlazení, výchozí drsnost plochy před přehlazením.

- **Tvary, rozměry a funkční charakter ploch**

V současné době je možné zpevňovat a dokončovat přehlazením prakticky libovolné tvary a rozměry.

- **Ostatní provozní podmínky**

Jedná se zejména o dbání čistoty pracovního prostředí, kvalifikace dělníka, zvýšená péče o nástroje, vyhovující rozsah pracovních parametrů strojů, kde bude metoda přehlazení prováděna.

### **3.5 NÁSTROJE PRO HLAZENÍ DIAMANTEM A JEJICH ROZDĚLENÍ**

Volba nástroje je závislá na požadované technologii přehlazení, zda chceme dosáhnout vyhlazení plochy, nebo její zpevnění popřípadě kalibrace. Konstrukční řešení nástroje je závislé na řadě podmínek, jako např. geometrický tvar a druh materiálu hladícího polotovaru, charakteru tvářecí síly, tvaru tvářecího prvku, druhu technologie opracování polotovaru.

### **3.6 PLOCHY KE PŘEHLAZENÍ**

Přehlazovat lze plochy válcové, kuželové, kulovité, různé průměry s i bez osazení, stupňovitá osazení, zkosení, průchozí otvory, slepé otvory, stupňovité otvory, vnitřní plochy, vnější plochy, rovinné plochy, rozšiřující se plochy, vybrání, zahloubení, přesazení, tvarové povrchy.

### **3.7 CHLAZENÍ A MAZÁNÍ**

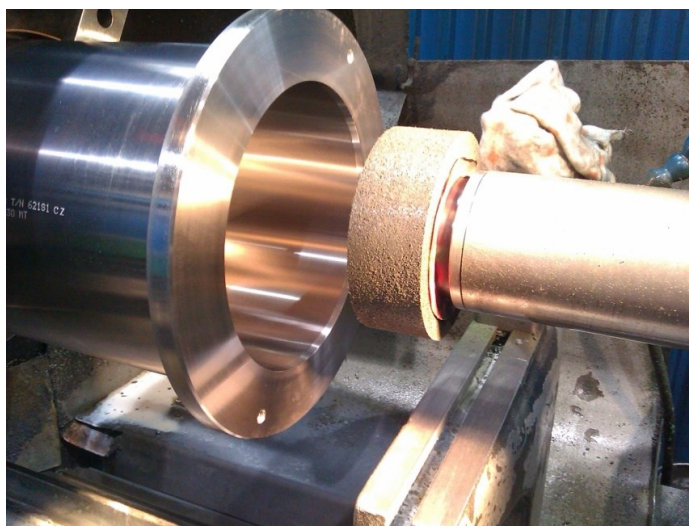
Nástroj a obrobek vyžadují mírné chlazení a mazání. K tomu pro většinu materiálu stačí stálá dodávka malého množství emulze.

## 4 POPIS STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE DOKONČENÍ OTVORU OVLADAČE

U součásti ovladače (příloha č. 1) se bude brousit vnitřní válcový rozměr na brusce na požadovanou drsnost.

Na obr. 2 doleštění filcovým kotoučem ovladače se ve firmě V-NASS a.s. vyrábějí již několik let. U těchto Ovladačů od začátku roku 2013 zákazník požaduje na vnitřní válcové ploše d 220,5 + 0,1 mm drsnost opracovaného povrchu  $R_a = 0.2\mu\text{m}$  z původní drsnosti  $R_a = 0.4\mu\text{m}$ . Důvodem jsou zvýšené nároky na zvýšení životnosti těchto dílů v sestavách, které se používají na podmořskou těžbu ropy, kde jakákoliv porucha způsobuje velké problémy s vysokými náklady na prostoje a opravy těchto zařízení.

Jednou z metod dosažení takového opracování je honování, ale protože firma V - NASS touto technologií nedisponuje, byla zvolena metoda postupného doleštění na požadovanou drsnost povrchu.



Obr. 2 Leštění filcovým kotoučem

Tab. 1 Bruska na otvory

Typ stroje	RJN 44 - Wotan
Výrobce	Wotan - NSR
Rozsah průměrů broušených otvorů	200 - 300 mm
Stupeň přesnosti /jakost opracované plochy	IT 6 / 0,8
Otáčky brusného vřetena pracovního vřetena	12000 min <sup>-1</sup>
	120 – 1000 min <sup>-1</sup>

Tab. 2 Součást (Ovladač)

Polotovár	KR 325 x 355 tyč kruhová
Materiál	17 150 nerez ocel
Obrobitelnost	10b
Hmotnost	10 kg

**Postup dokončení otvoru je následující:**

Tab. 3 Brousící kotouče

Brousící kotouč	Postup	Řezné podmínky
Broušení korundovým kotoučem s jednostranným vybráním D150x63xd51 1A/d80x38 jakost kotouče A98 60K 10V	Broušení se provádí na hotový rozměr s předpokladem možného zvětšení průměru o 0,02 mm při následném doleštění. Drsnost povrchu po broušení korundovým kotoučem je $R_a = 0.6\mu\text{m}$ .	Rychlost otáčení brusného kotouče: $v = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  Otáčky brusného kotouče: $n = \text{cca } 3800 \text{ min}^{-1}$  Rychlost otáčení obrobku: $v = 15 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  Otáčky obrobku pro $\varnothing 220,5\text{mm}$ : $n = 23 \text{ min}^{-1}$  Jako chladicí emulze se používá AQUAL3010, koncentrace emulze 10%.
Předleštění kotoučem SCOTCH BRITE D150/d25 x 50mm jakost kotouče Grade 9S fine od společnosti 3M	Tento kotouč je podstatou tvrzené vinuté brusné rouno, které obsahuje brusivo. Tímto kotoučem se dosáhne opracování $R_a = 0,3 \mu\text{m}$ . Tato operace se provádí rovněž s chlazením.	Druh emulze i řezné podmínky jsou stejné jako u broušení korundovým kotoučem.
Doleštění filcovým kotoučem D150/d25.4x40mm K3V-0.65	Na tento filc se nanáší Zelená brusná pasta typ PB703. Doleštění pastou se provádí zasucha na drsnost povrchu $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ a lepší.	Řezné podmínky jsou stejné jako u korundového kotouče.

## Celkové časy broušení

Tab. 4 Časy broušení

Kotouče	Časy[ min]
Upínání a centrování obrobku	20
Broušení korundovým kotoučem na rozměr	80
Výměna leštících kotoučů	8
Leštění Scotch Britovým a filcovým kotoučem	90
Celkem	240

Výpočet celkového času:

$$T_C = (20+80+8+90) \cdot 1,2 = 240 \text{ min}$$

Kde 1,2...koeficient směnového času

### Chladičí kapalina: AQUAL 3010

Použití přípravku: s vodou mísitelný obráběcí olej

Výrobce: ADDIOL Czech Republic s.r.o.

Chemická charakteristika:

Přípravek na bázi minerálního oleje s nízkým obsahem polyaromatických uhlovodíků, ionogenních a neionogenních emulgátorů a modifikovaných alkoholů.

Rozpustnost ve vodě: mísitelný ve všech poměrech

Popis:

AQUAL 3010 je univerzální s vodou mísitelná obráběcí kapalina, která je připravena z rozpouštědlově rafinovaného minerálního oleje s nízkým obsahem polyaromatických uhlovodíků, ionogenních emulgátorů, protikorozních aditiv a glykoletheru.

Použití:

Doporučený podíl koncentráту ve vodě v rozmezí 5 – 15%.

## **5 POPIS NOVÉ TECHNOLOGIE DOKONČENÍ OTVORU OVLADAČE**

### **5.1 DETAILNÍ POPIS DRUHŮ A FUNKCE TLUMENÝCH TYČÍ, KTERÉ SE POUŽIJÍ PŘI PŘÍPRAVĚ POVRCHU V OTVORU**

Odstranění sklonu k vibračním použitím laděných vyvrtávacích (antivibračních) tyčí.

Obvyklou příčinou vibrací při obrábění je dynamická interakce mezi řezem a konstrukcí obráběcího stroje. Zdrojem vibrací jsou rozdíly v řezné síle působící mezi nástrojem a obrobkem. Tato síla elasticky namáhá konstrukci stroje a může způsobit výchylku nástroje vůči obrobku, což mění velikost záběru nástroje v obrobku. Narušení řezu, například v místě, kde je materiál obrobku tvrdší, způsobí typickou výchylku nástroje, která změní řeznou sílu. V některých případech se takto vybuzená vibrace udrží nebo i zesiluje v jednom z přirozených módů vibrace obráběcího stroje. Velké vyložení obráběcího nástroje může představovat slabé místo sestavy obráběcí stroj - nástroj - obrobek, a může být příčinou vibrací. K dosažení dostatečné stability procesu se často snižuje rychlost úběru kovu nebo se mění řezný nástroj. Vzhledem k tomu, že při výrobě je prioritou hlavně produktivita, není to správná cesta. Místo toho je vždy třeba se snažit o odstranění příčiny vibrací a využití schopnosti stroje obrábět při vyšších rychlostech úběru kovu. Použití laděných vyvrtávacích tyčí na obr. 3 na str. 25 s tlumícími prvky, které jsou nedílnou součástí tyče, zlepšuje dynamické chování nástrojů a zvyšuje stabilitu procesu. [5]

Obecně platí, že obrábění do čtyřnásobku průměru vyvrtávací tyče nezpůsobuje žádné problémy z hlediska vibrací, za předpokladu využití správných řezných podmínek a vyměnitelné břitové destičky. Při vyložení nástroje vyšším než 4x průměr se mohou sklony k vibračním více projevit a pak řešení nabízejí právě laděné tyče. S předladěnými vyvrtávacími tyčemi lze s dobrými výsledky obrábět i v hloubkách až 14x průměr tyče.

Při vyšší délce v rozmezí 4 až 10-ti násobku průměru tyče vzniká při působení stejné řezné síly 16krát vyšší výchylka. Další zvýšení vyložení z 10 na 12 násobek průměru tyče způsobí nárůst výchylky při působení stejné síly o dalších 70%. Při nezměněné délce tyče a zvýšení průměru řezné tyče z 25 na 32 mm při působení stejné síly klesne výchylka na 62%. Snížená hmotnost řezné hlavy nebo průměr předního konce tyče přispívají k minimalizaci sklonu k vibračním. [5]



Laděné vyvrtávací tyče – Silent Tools (tiché nástroje) – jsou nástroje předladěné na správný kmitočet podle délky nástroje. To znamená, že stačí laděnou vyvrtávací tyč i obráběcí stroj nastavit tak, jako by byla použita běžná celistvá vyvrtávací tyč.[5]

Tento systém předladění je tvořen hlavně těžkým ladícím tělesem „A“ s určitou setrvačností, uchyceným ve dvou gumových průchodkách „B“ na obou koncích. Ladící těleso je obklopeno speciální olejovou kapalinou „C“. Pokud se během obrábění s laděnou tyčí objeví sklon k vibracím, okamžitě se aktivuje tlumicí systém, který absorbuje pohybovou energii vyvrtávací tyče. To minimalizuje vibrace a umožňuje udržet nebo zlepšit výkon obrábění. [5]



Obr. 3 Laděná vyvrtávací tyč pro vnitřní soustružení [5]



Obr. 4 Celistvá a tlumená tyč [5]

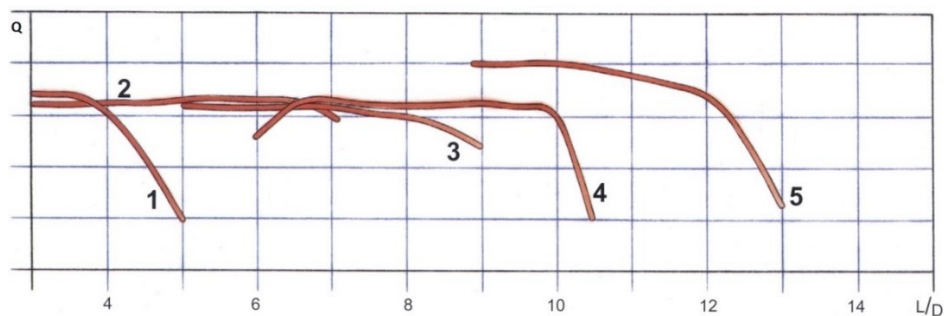
#### Celistvé tyče:

- co nejmenší vyložení,
- nejvyšší doporučené vyložení ocelových tyčí je  $4 \times D$ ,
- nejvyšší doporučené vyložení karbidových tyčí je  $6 \times D$ .

### Tlumená vyvrtávací tyč:

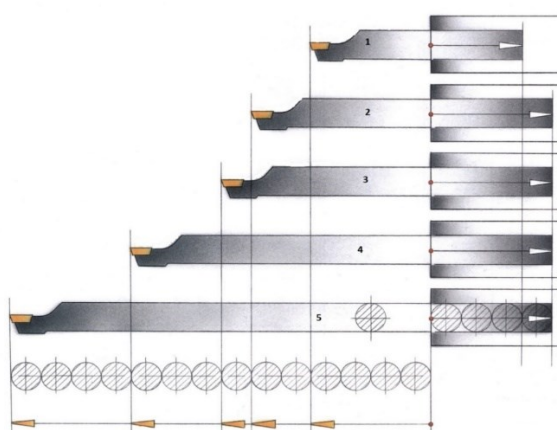
- $l_4$  = tlumená část,
- neupínat za tu to část, na vyvrtávací tyči je značka,
- maximální doporučené vyložení pro tlumené tyče, krátká konstrukce 7 x D a dlouhá konstrukce 10 x D.

$Q$  = úběr kovu [ $\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ]



Obr. 5 Vyvrtávací tyče [5]

1. Celistvá ocelová tyč
2. Monolitní karbidová tyč
3. Krátká tlumená tyč
4. Dlouhá tlumená tyč
5. Extra dlouhá tlumená tyč



Obr. 6 Typ tyče [5]

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Celistvá ocelová tyč vyvrtávací              | Až 4 x D  |
| 2. Monolitní karbidová tyč vyvrtávací           | Až 6 x D  |
| 3. Krátká tlumená tyč ocelová vyvrtávací        | Až 7 x D  |
| 4. Dlouhá tlumená tyč ocelová vyvrtávací        | Až 10 x D |
| 5. Extra dlouhá tlumená tyč karbidová vyztužená | Až 14 x D |

## 5.2 DETAILNÍ POPIS HLADÍČÍHO NÁSTROJE S DIAMANTOVÝM HROTEM

Nástroj s diamantovým hrotem DDW-variabilní-VKT-RH 88-155-00VKT20-RH, od fy Baublies.



Obr. 7 Nástroj DDW-VKT-RH 88-155-00-VKT20-RH

### Technické parametry nástroje:

Tab. 5 Parametry hladícího nástroje

Rychlost hlazení v	150 m · min <sup>-1</sup>
Posuv f	0,05 – 0,1 mm
Přítlak	0,1 – 0,7 mm/plochu
Přídavek na plochu	0,002 – 0,01 mm

Mazání: řezný olej, emulze

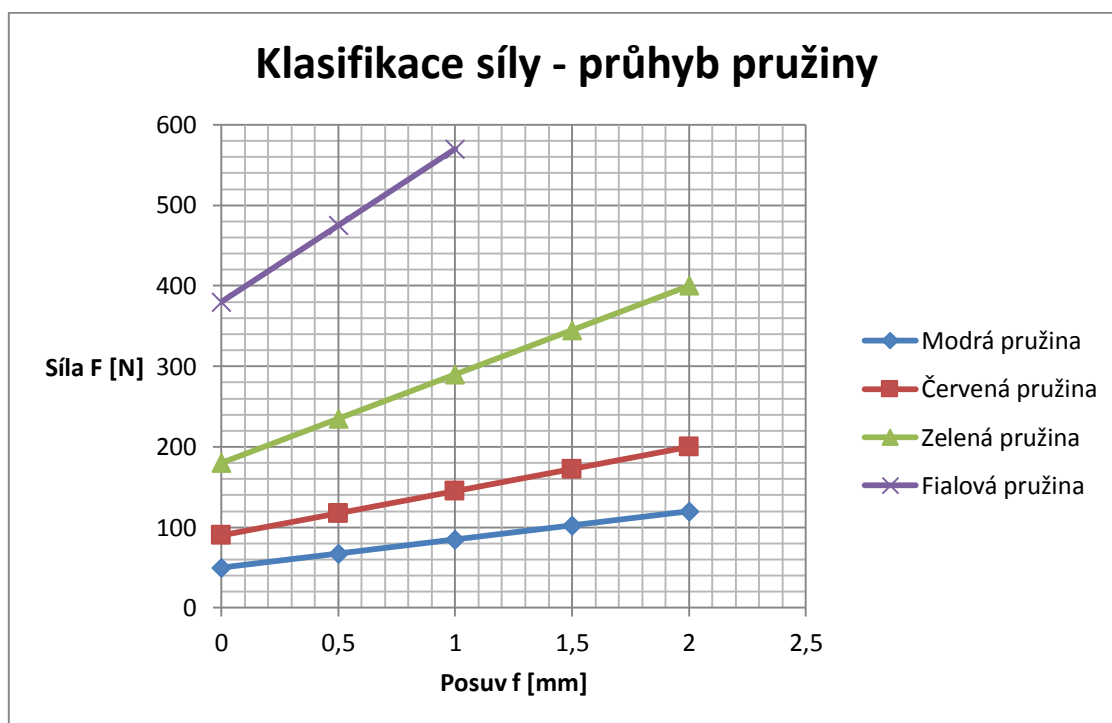
Nástroj se skládá z diamantového hrotu, dále pružiny z několika tvrdostí (nutná volba vhodné tvrdosti pružiny) viz na obr. 8 na str. 28.



Obr. 8 Diamantový hrot a pružiny různé tvrdosti

Nástroj na obr. 7 na str. 27 je možno použít na vnitřní a vnější průměry. Hlavice se dá natočit pod různými úhly, díky tomu lze tímto nástrojem přeleštit součást s rovnými plochami ale také součást s různými tvary nebo kužely.

### Pružiny:



Graf 1 Průhyb pružiny

Modrá pružina: 50 – 120 N

Červená pružina: 90 – 200 N

Zelená pružina: 180 – 400 N

Fialová pružina: 380 – 570 N

### 5.3 POPIS NOVÉ TECHNOLOGIE DOKONČENÍ OTVORU OVLADAČE

Detailní postup přípravy povrchu přehlazení a provedené zkoušky Dokončení povrchu na  $R_a = 0.2 \mu\text{m}$  se provede pomocí leštícího nástroje s diamantovým hrotem fy Baublies.

Příprava povrchu pro leštění diamantovým hrotem je hodně důležitá. Musí být dodrženo rovnoměrné opracování po špičce řezné destičky bez jakýchkoli vad, rýh, stop po nárůstku nebo geometrické nepřesnosti povrchu od vibrace. Protože délka opracovávaného povrchu je 355 mm, musí se v sériové výrobě zaručit co největší jistota rovnoměrného opracování bez vzniku vibrací soustavy stroj-nástroj-obrobek. Proto se pro vnitřní soustružení použije tlumená vyvrtávací tyč.

#### Provedená zkouška:

- Chlazení nástroje: Chladicí emulze Quakercool 7030HD.
- Obráběný materiál: 17 150.
- Polotovár: Trubka tlustostěnná KR 400 x 32 x 1000 mm.
- Operace: Soustružení vnitřního a vnějšího průměru na drsnost  $R_a = 1,6 \mu\text{m}$  a následné přehlazení povrchu diamantovým nástrojem na  $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ .

Tab. 6 Univerzální hrotový soustruh s CNC řízením

Typ stroje	WDR – 1000 x 4000
Výrobce	Machine Wagner
Rozsah otáček vřetena: 1. rozsah	20 – 70 $\text{min}^{-1}$
2. rozsah	60 – 190 $\text{min}^{-1}$
3. rozsah	190 – 660 $\text{min}^{-1}$

#### Řezné podmínky pro vnější soustružení:

Tab. 7 Parametry vnějšího soustružení

Řezná rychlost <b>v</b>	130 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
Posuv na otáčku <b>f</b>	0,15 mm
Hloubka třísky <b>ap</b>	0,5 mm
Drsnost povrchu <b>Ra</b>	1,5 $\mu\text{m}$

### Řezné podmínky pro vnitřní soustružení:

Tab. 8 Parametry vnitřního soustružení

Řezná rychlost <b>v</b>	115 m · min <sup>-1</sup>
Posuv na otáčku <b>f</b>	0,14 mm
Hloubka třísky <b>ap</b>	0,5 mm
Drsnost povrchu <b>Ra</b>	1,5 μm

### Přehlazení povrchu diamantovým nástrojem

#### Vnější zkouška č. 1:

Abychom si ověřili funkci leštícího nástroje bez možného vlivu nedostatečné tuhosti nástroje, použili jsme vnější leštící nástroj typ DDW-variabilní-VKT-RH 88-155-00VKT20-RH, diamantový hrot R = 2 mm (příloha č. 2). Zkouška se opět prováděla na tlustostěnné trubce ØD 400 x 32 mm, délka 1000 mm. Materiál byl 17 150. Práce se prováděla na CNC soustruhu Wagner WDR 1000 mezi hroty.

Řezné podmínky pro dokončovací nástroj:

Tab. 9 Parametry vnějšího nástroje VKT-RH 88-155-00VKT20-RH

Řezná rychlost <b>v</b>	120 m · min <sup>-1</sup>
Posuv na otáčku <b>f</b>	0,05 mm
Otáčky <b>n</b>	96 min <sup>-1</sup>
Drsnost povrchu před hlazením <b>Ra</b>	1,5 μm
Drsnost povrchu po hlazení <b>Ra</b>	0,25 μm

Zkouška přeleštění povrchu vyšším posuvem:

Tab. 10 Parametry VKT-RH 88-155-00VKT20-RH s vyšším posuvem

Řezná rychlost <b>v</b>	120 m · min <sup>-1</sup>
Posuv na otáčku <b>f</b>	0,1 mm
Otáčky <b>n</b>	96 min <sup>-1</sup>
Drsnost povrchu před hlazením <b>Ra</b>	1,5 μm
Drsnost povrchu po hlazení <b>Ra</b>	0,27 μm

### **Závěr:**

Z této zkoušky vyplývá, že čím lepší je drsnost povrchu před přeleštěním, tím lepší je výsledná drsnost povrchu po přeleštění. Zkouška byla úspěšná. Touto technologií lze spolehlivě dosáhnout opracování  $Ra = 0,2 \mu\text{m}$ .

### **Vnitřní zkouška č. 2**

Zkouška se prováděla na tlustostěnné trubce D 400 x 32 mm délka 1000 mm. Materiál je 17 150. Práce se prováděla na CNC soustruhu Wagner WDR 1000.

Použitý nástroj: vnitřní hladicí nástroj na obr. 9 fy Baublies typ DDW-I-IK 88-397-00 – d65 x 270 mm. Diamantový hrot R2 mm (příloha č. 2). Použitá pružina zelená tvrdosti 180 -400 N dle grafu 1 na str. 28.



Obr. 9 Vnitřní nástroj DDW-I-IK 88-397-00

Řezné podmínky:

Tab. 11 Parametry vnitřního nástroje DDW-I-IK 88-397-00

Řezná rychlost <b>v</b>	120 m · min <sup>-1</sup>
Posuv na otáčku <b>f</b>	0,1 mm
Hloubka třísky <b>ap</b>	0,5 mm

- hrot byl zatlačený proti obrobku 0,2 mm/plochu,
- mazání: emulze.

### **Závěr:**

Použitý vnitřní nástroj – zkouška byla neúspěšná, během hlazení bylo slyšet, že v soustavě stroj – nástroj – obrobek dochází k vibraci a výsledný povrch nedosahoval kvalitativních parametrů. Upínací část byla malá - stopka Ød50 mm a tudíž i průřez nedostatečný s ohledem na vyložení.

### Vnitřní zkouška č. 3

Fy Baublies dodala měkkčí pružinu modrou tvrdosti 50 -120 N dle grafu 1 na str. 28. Zkouška se prováděla na tlustostěnné trubce ØD 400 x 32 mm délka 1000 mm. Materiál byl 17 150. Práce se prováděla na CNC soustruhu Wagner WDR 1000.

Použitý nástroj: vnitřní hladicí nástroj fy Baublies typ DDW-I-IK 88-397-00–Ød 65 x 270 mm. Diamantový hrot R2 mm (příloha č. 2).

Řezné podmínky:

Tab. 12 Parametry vnitřního nástroje DDW-I-IK 88-397-00

Řezná rychlost <b>v</b>	50 m · min <sup>-1</sup>
Posuv na otáčku <b>f</b>	0,05 mm
Drsnost povrchu před hlazením <b>Ra</b>	1,5 µm
Drsnost povrchu po hlazení <b>Ra</b>	0,8 µm

- hrot byl zatlačený proti obrobku 0,3 mm/plochu,
- mazání: emulze.

### Závěr:

Zkouška proběhla bez vibrací. Po prvním přeleštění bylo dosaženo opracování na hranici Ra = 0,8 µm a po opakovaném přeleštění Ra = 0,6 µm. Každopádně nebylo dosaženo Ra = 0,2 µm. Z toho vyplývá, že použitá „modrá“ pružina vyvoluje nedostatečný přitlak. Proto je tento nástroj nevhodně konstruovaný s ohledem na jeho vyložení a stopku s průměrem ØD=50 mm. Pro další zkoušku bude dodán od fy Baublies nový nástroj se zvětšenou stopkou na Ød65 mm místo stávající Ød50 mm.

### Vnitřní zkouška č. 4

Fy Baublies dodala nástroj se stopkou Ød65 mm s pružinou tvrdosti 90 -120 N červené barvy dle grafu 1 na str. 28.

Zkouška se prováděla na tlustostěnné trubce ØD 400 x 32mm délka 1000mm. Materiál byl 17 150. Práce se prováděla na CNC soustruhu Wagner WDR 1000.



Řezné podmínky:

Tab. 13 Parametry vnitřního nástroje DDW-I-IK 88-397-00

Řezná rychlost $v$	$120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
Posuv na otáčku $f$	0,05 mm
Drsnost povrchu před hlazením $Ra$	$1,5 \text{ } \mu\text{m}$
Drsnost povrchu po hlazení $Ra$	$0,18 \text{ } \mu\text{m}$

- hrot byl zatlačený proti obrobku 0,3 mm/plochu,
- mazání: emulze.

#### Závěr:

Touto zkouškou byla prokázána správná funkce nástroje na obr. 10. I opakovaná zkouška prokázala, že nástroj pracuje spolehlivě bez náznaku sklonu k vibracím. Požadovaná drsnost povrchu  $Ra = 0.2 \text{ } \mu\text{m}$  byla dosažena.



Obr. 10 Diamantový vnitřní nástroj DDW-I-IK 88-397-00

## 6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### Stávající způsob výroby broušením:

Pořizovací náklady nástroje:

Tab. 14 Náklady kotoučů

Korundový kotouč	540 Kč
Kotouč Scotchbrite	4320 Kč
Filcový kotouč	673 Kč
Celkové náklady nástrojů	5533 Kč

Náklady na výrobu:

Tab. 15 Náklady výroby broušením

Přípravný čas	90 min
Celkový jednicový čas	240 min
Sazba pracoviště pro brusku	11,9 Kč/min
Výrobků	20 ks
Celkové náklady	2910 Kč

Náklady na dokončení otvorů ovladače:

$$N_B = [(90/20) + 240] \cdot 11,9 = 2910 \text{ Kč/ks}$$

### Nová technologie:

Doleštění se bude provádět v rámci celé soustružnické operace. Proto se nebude započítávat do nákladů přípravný čas.

Pořizovací náklady nástroje:

Tab. 16 Náklady diamantového hladícího nástroje

Diamantový hladící nástroj	51 979 Kč
Hladící diamant	11 930 Kč
Celkové náklady nástroje	63 909 Kč

Tab. 17 Náklady výroby hlazením

Přejetí plochy	35 min
Výměna nástroje	4 min
Sazba soustruhu Wagner WDR 1000	15,8 Kč/min
Celkový čas dokončení	89 min
Náklady na doleštění plochy	1406 Kč/ks

Do nákladů se započítá dvakrát přejetí plochy dokončovací nástrojem.

Celkový čas dokončení:

$$T_C = (4 + 2 \cdot 35) \cdot 1,2 = 89 \text{ min}$$

Kde 1,2...koeficient směnového času

Náklady na doleštění plochy:

$$N_P = 89 \cdot 15,8 = 1406 \text{ Kč/ks}$$

### Vyhodnocení nákladů:

Tab. 18 Vyhodnocení nákladů broušení a přehlazení

Náklady výroby broušením	2910 Kč/ks
Náklady technologií přehlazením	1406 Kč/ks
Rozdíl obou metod	1504 Kč/ks

$$N_V = 2910 - 1406 = 1504 \text{ Kč/ks}$$

## 7 ZÁVĚR

Zadáním této bakalářské práce bylo nahrazení broušení progresivnější technologií. Hlavním úkolem bylo této práce sepsání informací týkajících se nové metody přehlazení a dokončovací broušení a porovnat obě metody.

V rámci teoretické části jsem se zabýval teorií dokončovacích metod obrábění a beztržkové dokončovací metodě přehlazování. Pak následoval popis dokončení součásti ovladače dokončovací metodou broušení a přehlazení.

Zavedení nové technologie přehlazení pro dokončování obrábění metodou soustružení je úspornější s kratšími výrobními časy. Závěrečná zkouška prokázala, že po úpravě byl nástroj schopen spolehlivě splnit požadované technologické vlastnosti. Dosažení předepsané drsnosti povrchu bylo dosaženo rychlejším způsobem než u broušení a následným doleštěním. Další výhodou je, že se na soustruhu provede kompletní dokončení výrobku bez nutnosti další operace na brusce.

Z ekonomického hodnocení vyplývá, že zavedením nové technologie přehlazením povrchu diamantovým nástrojem bylo dosaženo úspory 1504 Kč na každý vyrobený kus. Při roční výrobě 200 ks „ovladačů“ je celková úspora 300 800 Kč/rok.

Vzhledem k tomu, že pořizovací cena nástroje včetně diamantového hrotu je 63 909 Kč, je návratnost této technologie již po vyrobení několika kusů.

Ze závěru práce vyplývá, že dokončovací metoda přehlazení bude levnější a také jednodušší pro výrobu.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] BRYCHTA, Josef, Robert ČEP, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PETŘKOVSKÁ. Technologie II - 2.díl. Ostrava: VŠB - Technická Univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1822-1.

[2] BRYCHTA, Josef. Obrábění I.: Návodů pro cvičení 2. část. Ostrava: VŠB - Technická Univerzita Ostrava, 1998. ISBN 80-7078-470-9.

[3] MÁDL, Jan, Jindřich KAFKA, Martin VRABEC a Rudolf DVOŘÁK. Technologie obrábění 3. díl. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2000.

[4] BRYCHTA, Josef, Robert ČEP, Marek SADÍLEK, Lenka PETŘKOVSKÁ a Jana NOVÁKOVÁ. Nové směry v progresivním obrábění [online]. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, 2007 [cit. 2014-05-14]. ISBN 978-80-248-1505-3. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf>

[5] SANDVIK COROMANT. Technická příručka obrábění: Soustružení - frézování - vrtání - vyvrtávání- upínání nástrojů. Praha 4: Sandvik CZ s.r.o., 2005.

[6] Alba precision. [online]. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.albaprecision.cz/baublies-diamant-vnitri.php>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1 – Výrobní výkres Ovladače

Příloha č. 2 – Výrobní výkres diamantového hrotu

Příloha č. 3 - Výrobní výkres čepu

Příloha č. 4 - Výrobní výkres vložky

Příloha č. 5 – Výrobní výkres pouzdra hrotu

Příloha č. 6 - Výrobní výkres držáku

Příloha č. 7 – Sestava diamantového nástroje

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Přehlazování vnitřním nástrojem [6]	17
Obr. 2 – Leštění filcovým kotoučem	21
Obr. 3 – Laděná vyvrtávací tyč pro vnitřní soustružení [5]	25
Obr. 4 – Celistvá a tlumená tyč [5]	25
Obr. 5 – Vyvrtávací tyče [5]	26
Obr. 6 – Typ tyče [5]	26
Obr. 7 – Nástroj DDW-VKT-RH 88-155-00-VKT20-RH	27
Obr. 8 – Diamantový hrot a pružiny různé tvrdosti	28
Obr. 9 – Vnitřní nástroj DDW-I-IK 88-397-00	31
Obr. 10 – Diamantový vnitřní nástroj DDW-I-IK 88-397-00	33

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Bruska na otvory	21
Tab. 2 – Součást (ovladač)	22
Tab. 3 – Brousící kotouče	22
Tab. 4 – Časy broušení	23
Tab. 5 – Parametry hladícího nástroje	27
Tab. 6 – Univerzální hrotový soustruh s CNC řízením	29
Tab. 7 – Parametry vnějšího soustružení	29
Tab. 8 – Parametry vnitřního soustružení	30
Tab. 9 – Parametry vnějšího nástroje VKT-RH 88-155-00VKT20-RH	30
Tab. 10 – Parametry VKT-RH 88-155-00VKT20-RH s vyšším posuvem	30
Tab. 11 – Parametry vnitřního nástroje DDW-I-IK 88-397-00	31
Tab. 12 – Parametry vnitřního nástroje DDW-I-IK 88-397-00	32
Tab. 13 – Parametry vnitřního nástroje DDW-I-IK 88-397-00	33
Tab. 14 – Náklady kotoučů	34
Tab. 15 – Náklady výroby broušením	34
Tab. 16 – Náklady diamantového hladícího nástroje	34
Tab. 17 – Náklady výroby hlazením	35
Tab. 18 – Vyhodnocení nákladů broušení a přehlazení	35